

## ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР

### ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НИТРИДА ТИТАНА ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ УЗЛОВ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ, РАБОТАЮЩИХ В КОРРОЗИОННО-АБРАЗИВНОЙ СРЕДЕ

А.Э. Волков, А.А. Марина

Научный руководитель - профессор П.В. Бурков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Самой распространенной запорной арматурой на нефтегазовом промысле на сегодняшний день считается задвижка клинового типа, которая предназначена для перекрытия потока рабочей среды. В производственных реалиях срок службы клиновой задвижки (ЗКЛ) существенно меньше, чем обозначенный заводом изготовителем в связи с эксплуатацией арматуры в коррозионно-абразивной среде. Как следствие, происходит разрушение уплотнительной поверхности запорного элемента и корпуса арматуры.

В работе предлагается способ повышения износостойкости рабочей поверхности запорного элемента клиновой задвижки, рассматривается применение износостойкого покрытия нитрида титана (TiN) на нефтегазовых месторождениях с целью увеличения срока службы, снижения экономических затрат, минимизации отказов запорной арматуры.

На месторождениях “N” эксплуатируется более 7000 ЗКЛ. Ежегодно, по разным причинам (негерметичность самой ЗКЛ, внешняя утечка, заклинивание) отказывает около 1,5 % ЗКЛ, зачастую не выработавшая установленный срок службы.

В процессе эксплуатации вероятность отказа ЗКЛ увеличивается в связи с механическим износом запорного элемента. Для замены или восстановления работоспособности задвижки клинового типа на некоторых участках трубопровода требуется остановка оборудования, что приводит к экономическим потерям [1].

Опыт эксплуатации запорной арматуры свидетельствует о том, что конструктивные усовершенствования не всегда дают ожидаемый эффект, при этом отмечается значительное удорожание устройств, поэтому актуальным является применение других методов высокоэнергетического воздействия на функциональные поверхности элементов запорной арматуры. Метод ионной лучевой обработки поверхностных слоев деталей наиболее перспективный. Среди основных методов ионно-лучевой обработки поверхности конструкционных материалов, применяемых в нефтегазовой промышленности, можно выделить вакуумно-плазменное напыление износостойких покрытий. Именно этот метод рассмотрен в работе.

Технология вакуумного ионно-плазменного напыления – это современный метод нанесения функциональных покрытий. Способ основан на распылении в вакууме исходного материала бомбардировкой ионным потоком и последующей конденсации на подложке. Осаждение материалов ведется из плазмы (тлеющий разряд в плазме, среды инертного газа) на деталь, находящуюся под отрицательным потенциалом, значение которого достигает 103 В. Метод позволяет получать пленки равномерной толщины с хорошей адгезией к подложке.

Для получения покрытия с высокими защитными характеристиками в качестве материала для напыления выступает мишень из титана, а в технологическую среду добавляется азот. В результате высокотемпературного нагрева активируется химическая реакция и нитрид титана диффундируется в структуру покрываемого металла.

Вакуумно-плазменное напыление обладает весомыми преимуществами, к которым относятся:

- простота получения нитридов стехиометрического состава;
- возможность нанесения покрытий на изделия сложной конфигурации;
- отсутствие необходимости в дополнительной обработке поверхности.

Нитридные покрытия обладают антифрикционными и антикоррозионными свойствами [2, 3].

Для проведения опытно-промышленных испытаний, на базе Томского политехнического университета было нанесено покрытие на клин задвижки стальной полнопроходной с ручным управлением КЗК 31лс45нж, фланцевого соединения по ГОСТ 12821-80, прокладками и крепежными изделиями. Класс герметичности затвора А по ГОСТ Р 54808-2011, ХЛ1 Ду100 Ру250.

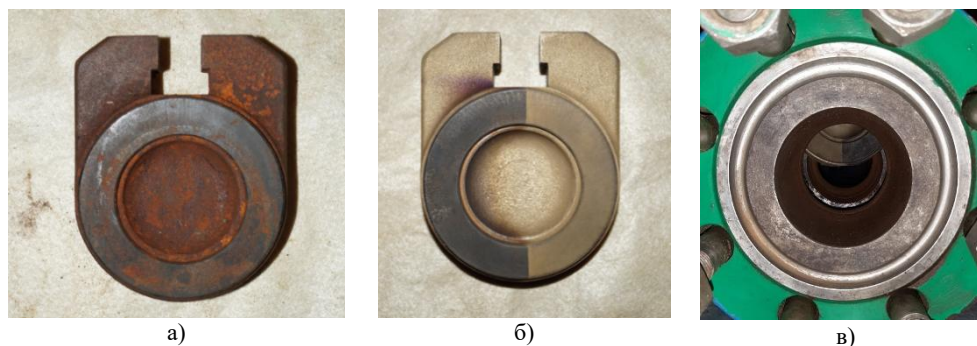


Рис. 1 а – исходный клин запорной арматуры; б – клин с напылением нитрида титана; в – установка клина на шток запорной арматуры

В процессе было нанесено износостойкое покрытие TiN.

## СЕКЦИЯ 16. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА

Для проверки работоспособности напыления закрыли 50 % клина изолирующей поверхностью. Нанесли методом ионно-плазменного напыления (на вакуумной ионно-плазменной установке ПВР) на клин запорной арматуры (размером 120х180х70 мм) из стали 20 и наплавкой проволокой СТ 20х13.

Значения микротвердости  $H_{\text{покр}}$ , зарегистрированное на образце, полученном при оптимальном режиме напыления, составляет 24 ГПа (2447,3 кг·с/см<sup>2</sup>).

Износостойкость исходного материала и покрытия TiN оценивали по геометрическому параметру – диаметру пятна износа. Износостойкость зависит от вида нагрузок, возникающих на элементе.

После нанесения TiN на рабочий орган, образец был доставлен на промышленный участок, и была произведена установка клина непосредственно в запорную арматуру.

Затем установили ЗКЛ для проведения опытно-промышленных испытаний на действующей части водовода высокого давления, где происходит забор продукции, что подразумевает эксплуатацию запорной арматуры с частым дросселированием потока.

После завершения испытаний будет производиться снятие запорной арматуры и извлечение клина. Затем будет оцениваться износостойкость по геометрическому параметру – диаметру пятна износа.

Рассмотрим применение ионно-плазменного напыления на примере XXX производственного участка.

*Таблица*

**Расчет экономической эффективности**

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКРЫТИЯ TiN				
Показатель	Ед. изм.	Вариант 1 (без покрытия)	Вариант 2 (с покрытием)	Отклонение (экономич. эффект)
<b>Экономические показатели</b>				
<b>Выручка:</b>	<b>млн руб.</b>	-	<b>71,7</b>	<b>71,7</b>
<i>Экономия от применения покрытия</i>	млн руб.	-	71,7	71,7
<b>САРЕХ:</b>	<b>млн руб.</b>	-	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>
<i>Общая стоимость установки</i>	млн руб.	-	9,0	9,0
<b>Налог на имущество</b>	<b>млн руб.</b>	-	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>
<b>ОРЕХ:</b>	<b>млн руб.</b>	-	<b>12,0</b>	<b>12,0</b>
<i>Эксплуатационные затраты</i>	млн руб.	-	12,0	12,0
<b>Показатели эффективности</b>				
ЧДП (Чистый денежный поток)	млн руб.	-170,1	49,6	219,7
<b>NPV (Дисконтированный денежный поток)</b>	<b>млн руб.</b>	<b>-78,1</b>	<b>18,6</b>	<b>96,7</b>

Реализация предлагаемого решения оказывает положительный экономический эффект по показателю NPV в размере 96,7 млн руб.

Проект рентабелен, т.к. уже после двух лет применения напыления нитрида титана на промысле позволяет экономить более 18375000 руб. в год.

Применения покрытий показало повышение коррозионно- износостойких характеристик.

При повышении коррозионно- износостойких характеристик количество отказов запорных арматур будет существенно уменьшено, что позволит существенно сократить простои и увеличить срок службы запорной арматуры.

При возможности напыления износостойкого покрытия TiN на промысле, возможно напыления на другие необходимые в увеличении коррозионно- износостойких характеристик детали и узлы. В перспективе рассматривается напыления покрытия на рабочие колеса насосов.

### Литература

1. РД 24-207-06-1990. Арматура трубопроводная. Расчет показателей надежности на этапе проектирования. – Центральное конструкторское бюро арматуростроения (ЦКБА), 1991. – 27 с.
2. СТ ЦКБА 042-2008. Арматура трубопроводная. Покрытия электролитические, химические, анодные и диффузионные. Технические требования. – С-Петербург: Закрытое акционерное общество «Научно-производственная фирма «Центральное конструкторское бюро арматуростроения», 2008. – 25 с.
3. Тарасенко, Ю.П., Царева И.Н., Романов И.Г. Субструктура, механические и фрикционные свойства ионноплазменных покрытий нитрида титана, полученных при разных парциальных давлениях азота // Изв. Академии наук. Сер. Физическая. – Москва, 2002. – Т.66. – № 8. – С.1223 – 1225.